International Journal of Advanced Engineering Research and Science (IJAERS)

Peer-Reviewed Journal

ISSN: 2349-6495(P) | 2456-1908(O)

Vol-10, Issue-10; Oct, 2023

Journal Home Page Available: https://ijaers.com/

Article DOI:https://dx.doi.org/10.22161/ijaers.1010.11

Study of pavement defects on Avenida Wilson Alvarenga João Monlevade and its relationship with urban drainage

Estudo de defeitos do pavimento da Avenida Wilson Alvarenga João Monlevade e sua relação com a drenagem urbana

Franciely Cristina Cota, Rafaela Thais Oliveira Silva, Priscila Alves da Silva Machado

Universidade do Estado de Minas Gerais - Unidade João Monlevade

Received: 03 Sep 2023,

Receive in revised form: 08 Oct 2023,

Accepted: 15 Oct 2023,

Available online: 22 Oct 2023

***Keywords*— Visual Inspection, Pathological Manifestations, Pavement, Rainwater Drainage, Photographic Records, Quali-Quantitative Assessment, Technical Literature.**

***Palavras-chave*— Inspeção Visual, Manifestações Patológicas, Pavimento, Drenagem Pluvial, Registros Fotográficos, Avaliação Quali-quantitativa, Literatura Técnica.**

Abstract— *This work was based on a visual inspection through field work for photographic records carried out on April 21, 2023, in the morning. The stretch of Avenida Wilson Alvarenga, - MG, between the commercial houses ABC da Construção and Marcolage, in both directions, was covered in order to identify the pathological manifestations present in the location. The evaluation was carried out in a qualitative and quantitative way, diagnosing the pathological manifestations found on the pavement and in the rainwater drainage elements of the road, based on research in published technical literature. Through photographic records and based on the results obtained, concrete measures were proposed to recover and improve the quality of paving and drainage on Avenida Wilson Alvarenga, as well as to guarantee the implementation of a comprehensive inspection and maintenance plan in the city, providing safety and comfort for road users, avoiding accidents caused by water accumulation.*

Resumo — *O presente trabalho baseou-se em uma inspeção visual através de um trabalho de campo para registro fotográfico realizado no dia 21 de abril de 2023, na parte da manhã. Foi percorrido o trecho da Avenida Wilson Alvarenga, - MG, entre as casas comerciais ABC da Construção e a Marcolage, nos dois sentidos, a fim de identificar as manifestações patológicas presentes no local. A avaliação foi realizada de forma quali-quantitativa, diagnosticando as manifestações patológicas encontradas no pavimento e nos elementos de drenagem pluvial da via, com base na pesquisa em literatura técnica publicada. Através dos registros fotográficos e com base nos resultados obtidos, foram propostas medidas concretas para recuperar e melhorar a qualidade da pavimentação e drenagem da Avenida Wilson Alvarenga, bem como para garantir a implementação de um plano abrangente de fiscalização e manutenção na cidade, proporcionando segurança e conforto aos usuários da via, evitando acidentes causados por acúmulo de água.*

I. INTRODUÇÃO

Destacam-se no âmbito da engenharia civil, as obras de drenagem, pavimentação e urbanização de vias que, aliadas ao abastecimento de água e esgotamento sanitário, fazem parte das obras essenciais de infraestrutura urbana de uma cidade (TAVARES *et al.*, 2014). No Brasil, as rodovias são responsáveis pela maior parte do escoamento de bens, pessoas e produtos, sendo obras onerosas e que requerem estudos técnicos permanentes para sua manutenção e disponibilidade.

A cidade de João Monlevade, em Minas Gerais, enfrenta sérios problemas com enchentes e alagamentos. Após a sua emancipação, ocorrida em 1964, houve uma expansão na sua infraestrutura urbana. O processo de urbanização acarretou inúmeras alterações ambientais, modificando o funcionamento do ciclo hidrológico, provocando frequentes enchentes, diminuição da infiltração de água no solo e erosões.

A carência de planos diretores de drenagem e desenvolvimento urbano agravam ainda mais essas questões, uma vez que o gerenciamento de drenagem é feito pelas secretarias de obras municipais, onde não foi encontrado nenhum tipo de documento que visa o correto planejamento e execução desse tipo de obra. O crescimento urbano, sem o devido planejamento integrado de suas infraestruturas, tem desencadeado o surgimento de problemas. Entre eles os relacionados aos eventos hidrológicos de alta intensidade. Os sistemas de drenagem urbana são essencialmente sistemas preventivos de inundações, principalmente nas áreas mais baixas das comunidades sujeitas a alagamentos ou marginais de cursos naturais de água. É evidente que no campo da drenagem, os problemas agravam-se em função da urbanização desordenada.

As medidas de correção e prevenção que visam minimizar os danos das inundações são relacionadas de acordo com sua natureza, em medidas estruturais e medidas não estruturais. As medidas estruturais correspondem às obras que visam à correção e prevenção de problemas de enchente. Essas técnicas podem ser aplicadas localmente, através de estruturas de armazenamento, reaproveitamento da água da chuva e criação de áreas permeáveis nos lotes.

As medidas não estruturais, para Tucci (2012), são aquelas que buscam utilizar os mecanismos legais, a prevenção de inundações por meio da previsão e alerta, tanto quanto seguros contra os possíveis danos causados, e capacitação da população e profissionais. Também são medidas não estruturais a criação de regulamentos do uso do solo, mais precisamente em áreas ribeirinhas. Ademais, deve-se buscar uma forma de garantir a convivência harmonizada da população com o meio em que se encontra inserida, minimizando danos materiais e, principalmente, sem perdas humanas.

De acordo com Gabriel *et al.* (2014), a pavimentação flexível, a mais adotada nos municípios brasileiros e nas vias da cidade de João Monlevade, é um tipo de pavimento que possibilita e gera inúmeras vantagens. Um dos principais fatores considerados para sua grande utilização é a impermeabilização e poder aglutinante.

A condição do pavimento das vias está relacionada diretamente com o desempenho estrutural e funcional. Deste modo, uma via que apresenta patologias, eleva o custo operacional do transporte, diminui o conforto e a segurança dos usuários.

Uma das principais características de um pavimento flexível é a construção de um revestimento composto por material asfáltico, material que é impermeabilizante e dificulta a infiltração no solo. A drenagem e o escoamento são facilitados devido ao menor coeficiente de atrito e a impermeabilidade, aumentando o volume e velocidade do líquido escoado. Por esse motivo, é de extrema importância o correto dimensionamento de sistemas de drenagens para escoamento e condução da água da chuva.

O Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT, 2006) define as principais manifestações patológicas encontradas em pavimentos asfálticos, tais como: fendas, fissuras, trincas, panelas, entre outras.

Dessa maneira, o presente estudo justifica-se pela análise das manifestações patológicas do pavimento flexível executado na Avenida Wilson Alvarenga, em João Monlevade, Minas Gerais. Através de uma pesquisa quali-quantitativa, usando a metodologia proposta pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, através de um Levantamento Visual Contínuo (LVC), foram mapeados os principais defeitos e suas características presentes no revestimento do pavimento da avenida em questão. Através de registro fotográfico e revisão bibliográfica, foram apresentadas as possíveis causas de seus surgimentos e justificado se existe ausência ou ineficiência de projeto de drenagem urbana na execução da Avenida.

II. REFERENCIAL TEÓRICO

A urbanização de estradas envolve obras como drenagem e pavimentação, que são essenciais para a infraestrutura urbana de uma cidade, juntamente com o fornecimento de água e tratamento de esgoto. Essas obras são de grande importância social, econômica e política, mas também possuem um alto custo e frequentemente enfrentam problemas de planejamento, execução e manutenção. As estradas são consideradas as artérias da cidade, sendo

utilizadas diariamente pelas pessoas em seus veículos ou a pé, fazendo parte da movimentada vida urbana. A urbanização dessas vias envolve a impermeabilização do solo através de calçamento e pavimentação, com o objetivo de melhorar a qualidade de vida da população. Além disso, as estradas são responsáveis por receber parte da água da chuva que cai na área urbana e escoa sobre o solo. Um sistema de coleta de águas pluviais é de extrema importância para o planejamento e saneamento de áreas urbanas, constituindo-se como um componente fundamental das obras públicas urbanas de caráter sanitário, de acordo com Tavares *et al.* (2014).

A pavimentação é um processo de superposição de uma ou mais camadas de materiais que tem como finalidade aumentar a durabilidade e melhorar a circulação de veículos e pedestres em uma via. Essa técnica é composta por camadas finitas de espessuras variáveis, que são dimensionadas com base em estudos de tráfego, geotécnicos e na escolha dos materiais a serem utilizados (SOLANKI e ZAMAN, 2017).

De acordo com Bernucci *et al.* (2022), a pavimentação flexível é a metodologia mais utilizada nas rodovias brasileiras. Formada por múltiplas camadas (Figura 1), que são construídas sobre uma superfície denominada subleito, construída com solo e destinada a receber e resistir a toda solicitação do tráfego e pavimento, devendo possuir a capacidade de suporte compatível com a tensão a ser transmitida.
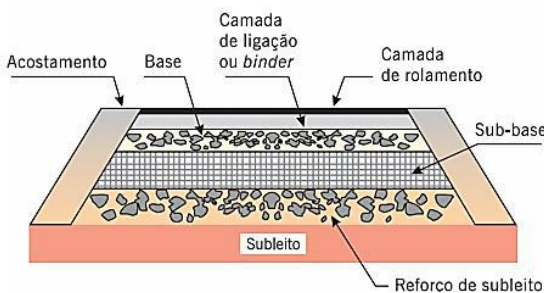
Fig.1 - Estrutura de um pavimento flexível

Fonte: Bernucci, 2022.

O glossário de termos técnicos rodoviários (Minas Gerais, 2017) as define como:

a) Subleito: maciço de terra que atua como fundação para o pavimento ou revestimento;

b) Reforço de subleito: camada granular do pavimento executada com o objetivo de melhorar a capacidade de suporte de carga do subleito e de reduzir espessura da sub-base;

c) Sub-base: camada corretiva do subleito e complementar à base, com as mesmas funções desta, e executada quando, por razões de ordem econômica, for conveniente reduzir a espessura de base;

d) Base: camada destinada a resistir aos esforços verticais oriundos dos veículos, distribuindo-os ao subleito, e sobre a qual se constrói o revestimento;

e) Revestimento: camada mais acima do pavimento, que recebe diretamente as ações verticais e horizontais dos veículos, e destinada a melhorar as condições do rolamento quanto ao conforto e segurança.

O pavimento flexível é o mais utilizado, sendo composto de revestimento ou pista de rolamento em concreto betuminoso usinado a quente, mais conhecido por CBUQ, (hoje chamado de concreto asfáltico, CA), base e sub-base de materiais granulares (brita graduada simples, BGS, ou solo-brita) e reforço do subleito composto por solo local.

Os defeitos em pavimentos flexíveis são refletidos em danos na superfície de rolamento e podem ser causados por imperfeições na construção, por ações do meio ambiente como ineficiência de projetos de drenagem urbana e pelas solicitações impostas pelo tráfego. Tais defeitos afetam as capacidades funcionais e estruturais do pavimento, comprometendo o conforto, segurança e serviço da estrutura (BERNUCCI *et al.*, 2022).

Essas manifestações patológicas/defeitos que ocorrem nos pavimentos asfálticos são divididos em dois grupos, que são, estruturais e funcionais. As estruturais, não suportam as cargas elevadas do tráfego e já as funcionais afetam a segurança com relação à dirigibilidade do pavimento.

Balbo (1997, 2007) explica que as manifestações patológicas mais comuns encontradas em pavimentos flexíveis são as fendas em forma de fissuras e trincas, o afundamento, a ondulação ou corrugação, o escorregamento, a exsudação, o desgaste, a panela ou buraco, e o remendo.

De acordo com o Balbo (1997), Brasil (2003) e (Balbo, 2007), a fenda é uma descontinuidade na superfície do revestimento do pavimento, que conduz a aberturas de menor ou de maior porte. Quando são de maior porte, são denominadas trincas, e de menor porte, fissuras. Na Figura 2 está apresentada a esquematização.
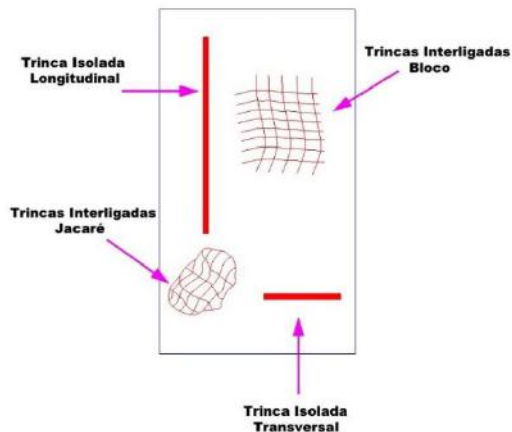
Fig.2 - Esquematização de descontinuidades do tipo trinca no revestimento

Fonte: Brasil, 2003 (adaptado por autores).

A fissura possui largura capilar existente no revestimento, posicionada longitudinal, transversal ou obliquamente ao eixo da via, somente perceptível a vista desarmada de uma distância inferior a 1,50 m (DNIT, 2003).
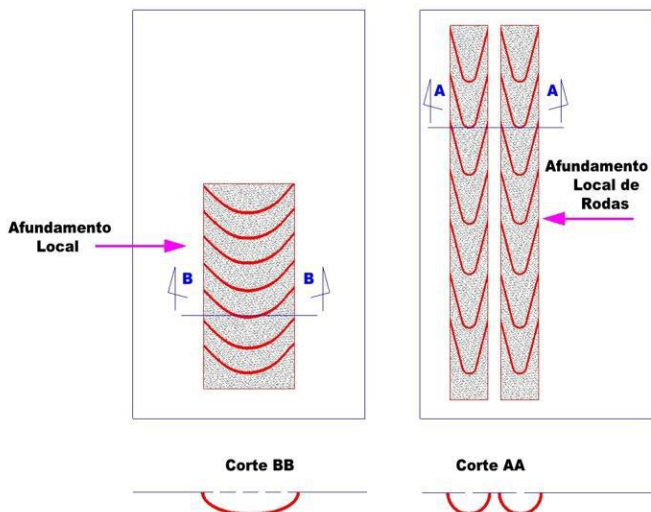
Fig.3 - Esquematização da manifestação patológica do tipo afundamento no revestimento

Fonte: Brasil, 2003 (adaptado por autores).

De acordo com Balbo (1997), Balbo (2007) e Soares (2022), o afundamento é uma deformação permanente caracterizada por depressão da superfície do pavimento, acompanhada, ou não, de solevamento. Pode apresentar-se sob forma de afundamento plástico, causado pela fluência plástica acompanhado de solevamento, ou de consolidação, causado pela consolidação diferencial de uma ou mais camadas do pavimento ou subleito sem estar acompanhado de solevamento. Quando o afundamento ocorre em extensão de até 6 m, é denominado afundamento plástico local; quando a extensão for superior a 6 m e estiver localizado ao longo da trilha de roda, é denominado afundamento plástico da trilha de roda. Na Figura 3 é mostrada a esquematização da manifestação patológica do tipo afundamento que ocorre no revestimento do pavimento flexível.

Brasil (2003) também apresenta esquematizadamente as manifestações patológicas de ondulação ou corrugação que é um tipo de deformação caracterizada por ondulações ou corrugações transversais na superfície do pavimento. O desgaste é outro defeito caracterizado pelo arrancamento progressivo do agregado do pavimento, caracterizado por aspereza superficial do revestimento e provocado por esforços tangenciais.

A panela ou buraco é o defeito ocasionado na camada de revestimento do pavimento caracterizado pela presença de uma cavidade que se forma no revestimento por diversos motivos, podendo provocar desagregação de outras camadas do pavimento (SOARES, 2022).

O remendo, também é considerado como defeito por Balbo *et al.* (2012), sendo uma panela preenchida com uma ou mais camadas de pavimento na operação denominada de "tapa-buraco" (DNIT, 2003).

Por sua vez, o desgaste, de acordo com Brasil (2003), Balbo (2007) e Soares (2022), é o efeito do arrancamento de forma progressiva de agregados constituintes do concreto asfáltico utilizado para construção da camada de revestimento do pavimento, caracterizado por aspereza superficial do revestimento e provocado por esforços tangenciais causados pelo tráfego. Na Figura 4 é apresentada a esquematização dos defeitos de ondulação ou corrugação, panela, remendo e desgaste.
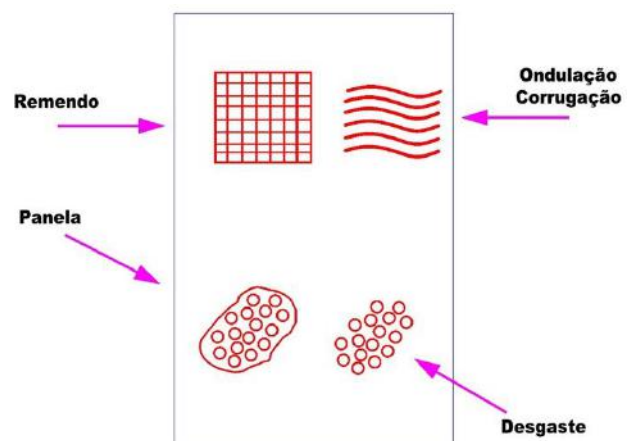
Fig.4 - Esquematização de outros defeitos em camada de revestimento de pavimentação flexível

Fonte: Brasil, 2003 (adaptado por autores).

Balbo (1997), Balbo (2007) e Soares (2022) citam que o escorregamento e a exsudação também são explicados e esquematizados como defeitos que ocorrem em revestimentos de pavimentos flexíveis. O escorregamento é o movimento do revestimento em relação à camada subjacente do pavimento, com aparecimento de fendas em forma de meia-lua, e a exsudação é a presença da migração de ligante através do revestimento. Na Figura 5 é apresentada a esquematização dos defeitos de escorregamento e exsudação.
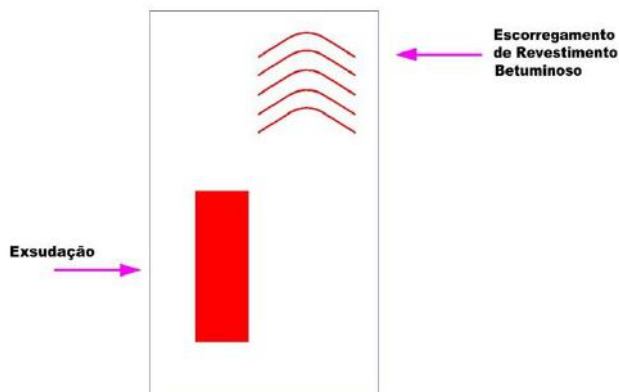
Fig.5- Esquematização do defeito de escorregamento e exsudação

Fonte: Brasil, 2003 (adaptado por autores).

No dimensionamento das estruturas de drenagem das rodovias, é de grande importância a análise de fatores que poderão ocorrer devido a longas exposições da estrada aos efeitos de precipitação. Em sua função primordial, a drenagem de uma rodovia deve eliminar a água que, sob qualquer forma, atinge o corpo estradal, captando-a e conduzindo-a para locais em que menos afete a segurança e durabilidade da via (DNIT, 2006).

De acordo com o Brasil (2006), os principais efeitos negativos provocados pelo escoamento superficial e subterrâneo estão relacionados à erosão do solo, degradação do pavimento e acidentes em rodovias. Por isso, os estudos hidrológicos são de fundamental importância para o controle dos picos das cheias. Afinal, apenas através do conhecimento prévio do histórico da região é possível projetar uma estrutura mais segura e eficaz para a contenção das águas pluviais.

Partindo-se de parâmetros como a intensidade pluviométrica e o período de retorno (tempo médio em que um determinado evento é igualado ou superado pelo menos uma vez), é possível quantificar eventos hidrológicos passados, prever a ocorrência de eventos extremos, avaliar a vazão das bacias de contribuição e prever dispositivos de drenagem para as rodovias, tais como: pontes, pontilhões, bueiros, valetas, sarjetas, descidas d'água e caixas coletoras usados na implantação básica.

III. METODOLOGIA

O trecho de estudo é a Avenida Wilson Alvarenga, localizada na cidade de João Monlevade, interior de estado de Minas Gerias, região sudeste do país. O município situa-se a leste da capital do estado, distando desta cerca de 110 quilômetros. Suas coordenadas geográficas são: Latitude: -19.8113315 e Longitude: -43.1650685. Na Figura 6 é mostrada a geolocalização analisada.

Fig.6 – Geolocalização da Av. Wilson Alvarenga

Fonte: Google Maps (adaptado), 2023.

O trabalho de campo para relatório fotográfico foi realizado no dia 21 de abril de 2023, na parte da manhã, percorrendo o trecho da Avenida Wilson Alvarenga, entre as casas comerciais ABC da Construção lote nº 493 e a Marcolage lote nº 1420 nos dois sentidos, como apresentado na Figura 7.

Inaugurada em 1972, a avenida recebeu o nome do primeiro prefeito eleito da cidade, Wilson Alvarenga. Correndo paralela à Avenida Getúlio Vargas, vem-se responsabilizando pelo escoamento do trânsito, em constante crescimentona região central da cidade. A avenida conta com diversos pontos de ônibus, fazendo com que haja um alto fluxo diário. Como o trânsito é intenso e a cidade tem um índice grande de enchentes, algumas patologias se sobressaem das demais.
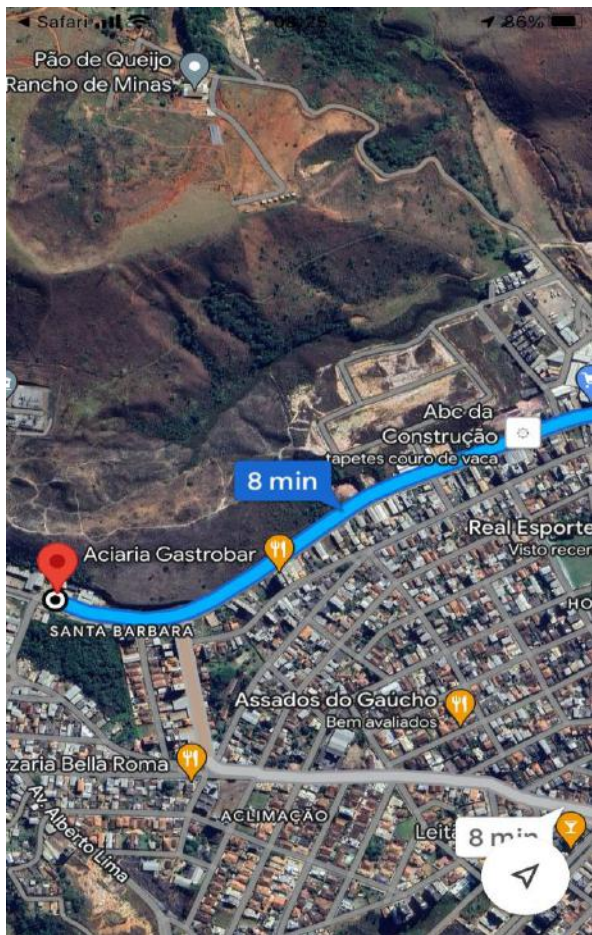
Fig.7 – Trecho percorrido da Av. Wilson Alvarenga

Fonte: Google Maps (adaptado) 2023.

Dessa maneira, foi realizado um estudo de caso, por meio de uma pesquisa quali-quantitativa, que se dividiu em um levantamento bibliográfico dos principais defeitos ocasionados pela ineficiência de sistemas de drenagem e levantamento *in loco* de defeitos encontrados na via. O levantamento *in loco* foi realizado de forma qualitativa, nos dias 24 de abril e 19 de maio de 2023. Através de análise visual, uso de paquímetro, fissurômetros e registro fotográfico foram diagnosticadas as principais manifestações patológicas encontradas no trecho entre as casas comerciais ABC da Construção lote nº 493 e a Marcolage lote nº 1420, nos dois sentidos. Foi dado prosseguimento ao estudo, quantitativamente, através da relação numérica de defeitos encontrados. Com os resultados, foi realizado um estudo de possíveis causas e uma análise sobre a influência da drenagem da via.

IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os defeitos ou manifestações patológicas são falhas que impedem ou dificultam o uso adequado de uma via. Dentre os fatores responsáveis pela deterioração do pavimento, destacados na literatura, incluem-se: falhas no projeto e construção; ausência de manutenção; materiais inadequados, fadiga e oxidação; tráfego, temperatura, radiação solar e, especialmente e deficiência na drenagem (SOARES, 2022).

Silva (2008) explica que o excesso de água que se infiltra no interior da estrutura, relacionado com uma má dosagem do concreto betuminoso, é um dos principais responsáveis pela deterioração do pavimento. Consequentemente, a pressão e o movimento da água na estrutura do pavimento provocam os danos mais severos.

A presença de água nas camadas inferiores do pavimento pode causar sérios problemas estruturais ao longo do tempo. De acordo com Azevedo (2007), a água proveniente das precipitações é a principal fonte de infiltração na estrutura do pavimento. A infiltração ocorre de duas maneiras distintas: através da superfície de rolamento ou pelas bordas. De acordo com Pereira (2003), as infiltrações pelas bordas dos pavimentos podem ocorrer devido a duas causas: variação na carga hidráulica, que desloca a água, ou por capilaridade. Os pontos mais propensos a sofrerem infiltrações são aqueles com superfícies planas ou pontos baixos em superfícies onduladas, pois apresentam maior dificuldade de escoamento. A água da chuva também pode infiltrar-se através de dispositivos de drenagem superficial, como canaletas sem revestimento impermeável, especialmente em áreas de corte (PEREIRA, 2003).

A quantidade de fissuras e trincas, juntamente com a intensidade das chuvas, são as causas mais prováveis de infiltração pela superfície de rolamento, como afirmado por Azevedo (2007). Por outro lado, Tucci (2000) destacou que chuvas torrenciais, com alta intensidade, tendem a ter uma duração mais curta, e a água escoa rapidamente pelo pavimento. No entanto, chuvas de menor intensidade têm uma duração mais longa, deixando o pavimento em contato com a água por mais tempo, o que favorece infiltrações, mesmo que o pavimento tenha uma baixa taxa de permeabilidade. A água é frequentemente apontada como a principal causa dos problemas relacionados às vias, tanto de forma direta quanto indireta.

Como as avenidas abrangem uma área extensa, exposta a várias solicitações e alto volume de tráfego, é muito comum observar o surgimento de defeitos ao longo da via. Na Tabela 1 são apresentados os defeitos observados em visita realizada na Avenida Wilson Alvarenga no dia 19 de maio de 2023.

Tabela 1 – Análise quantitativa das manifestações patológicas

Análise quantitativa das manifestações patológicas	
Resumo das patologias	**Quant.**
Trincas Isoladas Transversais Curtas	7
Trincas Isoladas Transversais Longas	10
Trincas Isoladas Longitudinais Curtas	4
Trincas Isoladas Longitudinais Longas	14
Trincas Interligadas “Jacaré”	7
Trincas Interligadas “Bloco”	4
Afundamento Plástico	2
Afundamento de Consolidação	4
Ondulação/Corrugação	2
Escorregamento	3
Exsudação	1
Desgaste	6
“Panelas”	4
Remendos Superficial	1
Remendos Profundo	1
Vegetação nas sarjetas	3
Bocas de lobo obstruídas	1

Fonte: Acervo dos autores, 2023.

Fig.8 – Análise quantitativa de defeitos diagnosticado em trecho estudado

Fonte: Acervo dos autores, 2023.

As manifestações patológicas observadas no pavimento asfáltico podem ter origem em várias etapas dos processos construtivos, desde o planejamento e projeto até a execução e uso, além da falta de manutenção preventiva e dos efeitos climáticos cíclicos comuns na cidade de João Monlevade. Podemos observar que existe uma grande diversidade de patologias no trecho percorrido, sendo as mais evidentes as trincas isoladas longitudinais longas, trincas isoladas transversais longas e trincas interligadas “jacaré”. Através da análise quantitativa das manifestações patológicas foi gerado o gráfico que é mostrado na Figura 8 para melhor visualização.

Através da Tabela 1 e do gráfico apresentado na Figura 8, pode-se evidenciar que os três defeitos mais ocorrente no trecho estudado são a presença de trincas isoladas longas (longitudinais e transversais) e de trincas de jacaré.

De acordo com Soares (2022), as trincas isoladas em pavimentos (transversais ou longitudinais) surgem devido à má dosagem da mistura asfáltica utilizada para construção da camada de revestimento do pavimento ou devido ao processo executivo de compactação realizado de forma excessiva, fatores que ocasionam o fenômeno de dissecação do revestimento asfáltico (BALBO, 2007).

Na Figura 9 é registrada a presença de um trinca isolada e longitudinal com o comprimento de 2,6 m e espessura de 2mm no trecho analisado.

Fig.9 – Trincas Isolada Longitudinal Longa

Fonte: Acervo dos autores, 2023.

Brasil (2003) e Ribeiro (2017) classificam as trincas em longas e curtas devido ao seu comprimento. Trincas superiores a 100 cm são classificadas como longas.

As trincas isoladas longitudinais e transversais são influenciadas pela expansão térmica que pode ser agravada, uma vez que a água acumulada na superfície da via pode aumentar a exposição do pavimento às variações de temperatura, criando tensões adicionais no pavimento (DNIT, 2006).

Brito (2023) explica que trincas interligadas "jacaré" podem ser causadas pela reflexão de trincas preexistentes, e sob a ação de cargas de tráfego em repetição (fadiga), ação térmica, envelhecimento do ligante, compactação deficiente do revestimento, deficiência no teor do ligante asfáltico, subdimensionamento, rigidez excessiva do revestimento, recalques diferenciais e entre outros. Na Figura 10 é mostrada a presença de trincas interligadas.

Fig.10 – Trincas Interligadas

Fonte: Acervo dos autores, 2023.

Foi evidenciada a presença de 7 trechos degradados devido a presença do defeito, sendo a média de área por trecho de 2,4m².

Nessa área, devido a precariedade do sistema de drenagem, há vários pontos onde a umidade permanece por longos períodos de tempo, podendo resultar em infiltrações através das trincas na plataforma do pavimento, ocasionando outros problemas que prejudicam o desempenho da via.

Em concomitância com Brasil (2006), um sistema eficiente de drenagem é fundamental para o adequado escoamento da água em vias, desempenhando um papel crucial na durabilidade do pavimento, reduzindo os efeitos adversos da água e minimizando o surgimento de patologias e danos estruturais.

Brasil (2006), Balbo (2007) e Soares (2022) explicam que a ineficiência de sistemas de drenagem adequada nas vias urbanas pode levar ao acúmulo de água no subsolo. O subsolo saturado pode causar um aumento na pressão hidrostática, resultando em empuxos laterais que podem gerar trincas.

Além da ausência de dispositivos de drenagem "bocas-de-lobo" e pouca inclinação do pavimento para a formação do abaulamento recomendado na construção de vias, nos locais

onde havia "bocas-de-lobo" as mesmas estavam obstruídas por vegetação como é mostrado na Figura 11.

Fig.11 – Obstrução de dispositivo de drenagem

Fonte: Acervo dos autores, 2023.

Quando a água da chuva não é adequadamente drenada, ela pode se acumular e permanecer na superfície da via por períodos prolongados. Isso pode levar à penetração da água no pavimento, causando um enfraquecimento e comprometendo a estabilidade do solo sob o pavimento, facilitando a formação de trincas.

Outro problema identificado na via analisada foi a presença de defeitos que surgiram de forma concomitante devido a execução de valas no pavimento. A Figura 12 mostra a presença de uma panela contígua em um afundamento de via.

Martins (2019) explica que parte dos defeitos em pavimentos são associados de forma direta à má qualidade na execução de valas para instalação ou reparo de redes de infraestrutura urbana. Defeitos como afundamento, trincas, corrugação e panelas, são muito comuns nesses casos.

Os defeitos denominados panelas se formam na plataforma do pavimento, podendo se estender até as camadas inferiores da estrutura. Elas são resultados de um processo avançado de deterioração do pavimento, capazes de reduzir sua capacidade estrutural sob a ação de tráfego e em presença de água, após a ocorrência de trincas por fadiga ou desgaste e remoção de partes do pavimento.
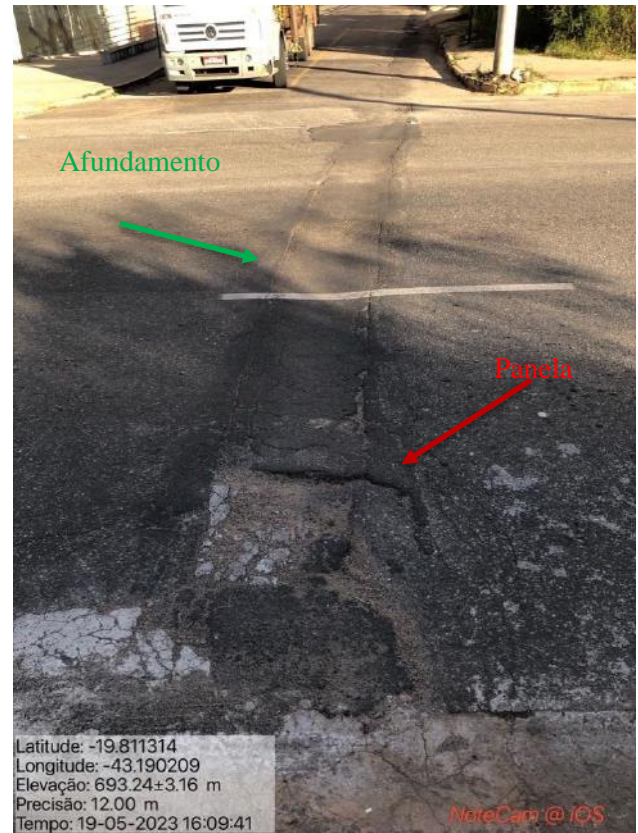
Fig.12 – Defeito devido a mal execução de manutenção de elementos da via

Fonte: Acervo dos autores, 2023.

Brasil (2006) e Soares (2022) explicam que esse defeito ocorre com mais frequência em revestimento com pouca espessura ou baixa capacidade de suporte das camadas inferiores (falha estrutural), e podem aparecer em locais com segregação de material (falta de ligante em alguns pontos) ou com problemas construtivos (drenagem inadequada). Em casos mais críticos, as panelas são acompanhadas por erosão interna (BRASIL, 2006).

O afundamento diagnosticado é por consolidação e está ligado à falta de controle de compactação das camadas. Em geral, não há verificação da densidade *in loco*, nem da umidade ótima das mesmas na maioria dos casos, fazendo com que os materiais apresentassem baixa resistência e alta compressibilidade (MARTINS, 2019).

Embora os defeitos apresentados na Figura 12 não possam ser caracterizados pela ineficiência de dispositivos de drenagem, os mesmos podem ser agravados em presença de umidade excessiva.

É válido ressaltar que, mesmo com as espessuras adequadas e o uso de técnicas construtivas apropriadas, a pavimentação está sujeita à deterioração ao longo do tempo, devido a diversos fatores, como a ação das cargas e as condições climáticas. É fundamental, então, realizar uma avaliação funcional dos pavimentos, levando em consideração a análise da superfície e o impacto do seu estado na qualidade e conforto durante o rolamento.

O sistema de drenagem é parte integrante de um projeto de uma via e deve ser previsto e executado de acordo com as condicionantes relativas.

As bocas-de-lobo de uma via têm a finalidade de receber águas provenientes das sarjetas, e as encaminham para caixas coletoras até a rede de drenagem da via.

Esses dispositivos desempenham um papel fundamental na coleta e encaminhamento adequado das águas pluviais, evitando acúmulos e possíveis problemas de inundação nas vias. Além de serem dimensionados e executados de forma correta, devem ser providos de manutenção para garantir o seu bom funcionamento.

A manutenção adequada dos dispositivos de drenagem e a remoção regular da vegetação e resíduos sólidos são medidas essenciais para garantir o bom funcionamento do sistema de drenagem. Isso ajudará a prevenir acúmulo de água, danos ao pavimento e possível aumento na ocorrência de defeitos.

Com base nos defeitos identificados, é necessária a adoção de ações que reestabeleçam as condições mínimas para desempenho do pavimento, como por exemplo:

- Projeto de acordo com as normas técnicas vigentes
- A realização de manutenção corretiva nos pontos de desgaste, afundamento plástico e degradação superficial do pavimento por meio de raspagem e reconstrução dos trechos afetados;
- A aplicação de reforço nas trincas longitudinais e em bloco para garantir maior estabilidade e durabilidade;
- A realização de remendos nos buracos existentes no pavimento para evitar danos adicionais.

Quanto às manifestações patológicas encontradas nos dispositivos de drenagem pluvial do trecho estudado, elas são principalmente causadas pela falta de manutenção, o que compromete a segurança e durabilidade do pavimento, resultando em infiltração de água, erosão das camadas inferiores, contaminação dos lençóis freáticos e até mesmo alagamentos. Para mitigar esses efeitos, sugere-se as seguintes ações imediatas

- A realização da manutenção e limpeza periódicas das sarjetas para garantir o fluxo adequado da água;
- A realização de manutenção e limpeza dos bueiros, incluindo a recolocação de tampas e outros elementos necessários para garantir o correto escoamento;
- Implementação de protocolo para as manutenções das instalações subterrâneas, visando a escavação, reaterro, compactação e remendo.
- A realização de manutenção do calçamento, incluindo a impermeabilização adequada, a fim de evitar infiltrações de água.

V. CONCLUSÃO

A partir da pesquisa realizada em campo, constatou-se que a ineficiência do sistema de drenagem superficial tem efeitos negativos na plataforma do pavimento analisado. Isso resulta na intensificação dos defeitos existentes naquela área específica, causando maiores transtornos aos usuários. Dessa forma, os dispositivos de drenagem com baixa eficiência resultam em pontos de alagamento com alta umidade, aumentando a possibilidade de infiltração nas camadas estruturais do pavimento. Com o estudo, pode-se observar que existiu falha de projeto em relação às estruturas de drenagem, prejudicando assim a durabilidade do revestimento asfáltico.

A boa conservação dos dispositivos de drenagem superficial e do sistema como um todo traz benefícios significativos para as vias, economiza os recursos financeiros públicos e favorece o bem-estar da população. Um sistema eficiente de drenagem evita o acúmulo de água, reduzindo danos estruturais e aumentando a durabilidade do pavimento. Isso resulta em menor necessidade de reparos e melhor uso dos recursos públicos. Além disso, um sistema bem conservado proporciona segurança e conforto aos usuários da via, evitando acidentes causados por acúmulo de água. Portanto, a conservação dos dispositivos de drenagem é fundamental para obter resultados positivos, tanto em termos de economia quanto de satisfação e segurança da população.

Sendo assim, é imprescindível que sejam adotadas medidas concretas para recuperar e melhorar a qualidade da pavimentação e drenagem da Avenida Wilson Alvarenga, bem como para garantir a implementação de um plano abrangente de fiscalização e manutenção na cidade. Somente assim será possível proporcionar uma infraestrutura duradoura, eficiente e econômica, atendendo às necessidades da população e contribuindo para o desenvolvimento sustentável da região.

REFERÊNCIAS

[1] AZEVEDO, Angela Martins. Considerações sobre a drenagem subsuperficial na vida útil dos pavimentos rodoviários. Dissertação. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2007.

[2] BALBO, J. T., Pavimentação asfáltica: materiais, projeto e restauração. São Paulo. Oficina de Textos, 2007.

[3] BALBO, J. T., Pavimentos asfálticos: patologias e manutenção. São Paulo. Plêiade, 1997.

[4] BERNUCCI, L. B. MOTTA, L. M. G. CERRATI, J. A. P. SOARES, J.B. Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros. Rio de Janeiro, Brasil: Petrobras, 2022.

[5] BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte. DNIT 005/2003 – TER: Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos – Terminologia. Rio de Janeiro, 2003.

[6] BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. DNIT 009/2003 PRO: Avaliação subjetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos - Procedimento. RJ: IPR (Instituto de Pesquisas Rodoviárias), 2003.

[7] BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte. Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Rio de Janeiro, 2006.

[8] BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte. DNIT . Manual de Drenagem de Rodovias. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Rio de Janeiro, 2006.

[9] Brito, Aline Santos de. Estudo de caso: reabilitação asfáltica da Avenida Felipe Camarão no Bairro Goiá em Goiânia . Monografia. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia, 2023.

[10] DNIT, Brasil. Norma DNIT 005/2003 - TER - Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi- rígidos. Rio de Janeiro, 2003. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-normas/coletanea-de- normas/terminologia-ter/dnit_005_2003_ter-1.pdf> Acesso em: 10 abr. 2023.

[11] MARTINS, Karislaine. Pavimento asfáltico: análise de patologias no recapeamento de trechos. Monografia. Paracatu, 2019.

[12] MINAS GERAIS. DEPARTAMENTO DE EDIFICAÇÕES E ESTRADAS DE RODAGEM. DER/MG. Levantamento das condições da malha rodoviária pavimentada conservada do DER/MG. Belo Horizonte: Diretoria de Manutenção / Serviço de Gerência de Pavimento, 2019.

[13] PEREIRA, Antonio Carlos Oquendo. Influência da drenagem subsuperficial no

[14] desempenho de pavimentos asfálticos. Dissertação. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2003.

[15] RIBEIRO, Thiago Pinheiro. Estudo descritivo das principais patologias em pavimento flexível. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento, São Paulo, ed. 04, ano 02, vol. 01, p. 733-754, julho, 2017.

[16] SILVA, P. F. A. Manual de patologia e manutenção de pavimentos. 2. ed. São Paulo: Pini, 2008.

[17] SOARES, Gabriel Abreu. Diagnóstico funcional dos defeitos em pavimentos asfálticos no centro de Crateús-CE. Monografia. Universidade Federal do Ceará, Campus de Crateús, Curso de Engenharia Civil, Crateús, 2022.

[18] SOLANKI, ZAMAN, 2017. SOLANKI, P.; ZAMAN, M. Design of semi-rigid type of flexible pavements. International Journal of Pavement Research and Technology, 2017.v. 10, p. 99-111. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/309723111_Design_of_semi- rigid_type_of_flexible_pavements> Acesso em: 16 mar. 2023.

[19] TAVARES, R. R. S. TAVARES, L. R. S. da SILVA, TJ. T. CAMPOS, J. G. de SOUSA, F. C. GOMEZ, E. T. de ALMEIDA, A. F, A. Drenagem, pavimentação e urbanização de vias. Brasília: CONFEA; CREA-DF; ABEPV, 2014. Disponível em: <https://www.confea.org.br/sites/default/files/201905/Obras_de_InfraEstrutura_Urbana_ livro-compactado.pdf> Acesso em: 12 jul. 2023.

[20] TUCCI, C. E. M. Gestao de águas pluviais urbanas – Monografia. Rio grande do sul 2000.